

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Konstrukční návrh rámu a nástavby přípojného vozidla

Design of Frame and Trailer Body

Student: Bc. Lukáš Kopečný

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Richtář, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Kopečný**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 20 Silniční doprava
Téma: Konstrukční návrh rámu a nástavby přípojného vozidla
Design of Frame and Trailer Body

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretický rozbor problému
3. Základní požadavky na řešené vozidlo
4. Konstrukční návrh a výpočty
5. Zhodnocení a doporučení
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Matějka, R. Vozidla silniční dopravy I, Bratislava, 1990, ISBN 80-05-00392-7
Matějka, R. Vozidla silniční dopravy II, Bratislava, 1990, ISBN 80-7100-074-4
Kovanda, J., Resl, I., Socha, J.: Konstrukce automobilů. Praha: ČVUT Praha, 1997. 120 pp., ISBN 80-01-01624-2

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Richtář, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5. 2016

..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

16.5.2016



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Lukáš Kopečný

Adresa trvalého pobytu autora práce: Dešná 69, Slušovice 763 15

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KOPEČNÝ, L., *Konstrukční návrh rámu a nástavby přípojného vozidla : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2016, 58 s. Vedoucí práce : Richtář, M.

Práce se zabývá konstrukčním návrhem rámu a nástavby přípojného vozidla. Práce shrnuje teoretický rozbor daného problému, jako je legislativa, zásady pro schvalování a druhy přípojných vozidel. Hlavním cílem této práce je navrhnout rám a nástavbu přípojného vozidla pro převoz čtyřkolek, který bude splňovat všechny dané požadavky. V závěru práce je provedena pevnostní analýza navržené konstrukce a celkové zhodnocení návrhu.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KOPEČNÝ, L., *Design of Frame and Trailer Body : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transportation, 2016, 58 p. Thesis head : Richtář, M.

Thesis deals with the structural design of the frame and the body of the trailer. This work summarizes the theoretical analysis of the problem, such as legislation, policies for approving and types of trailers. The main objective of this work is to design the frame and bodywork trailer for transporting ATVs, which will meet all the requirements. The conclusion is a strength analysis of the structure and overall evaluation of the proposal.

Obsah

1	Úvod	9
2	Teoretický rozbor problému	10
2.1	Legislativa	10
2.1.1	Kategorie přípojných vozidel	11
2.1.2	Skupiny řidičského oprávnění	11
2.1.3	Přípojně vozidlo	12
2.1.4	Hmotnosti	12
2.1.5	Rychlosti	13
2.1.6	Rozměry	13
2.1.7	Světelná zařízení přívěsů	13
2.1.8	Povinná výbava	14
2.1.9	Elektroinstalace	14
2.1.10	Lapače nečistot (blatníky)	15
2.1.11	Pneumatiky	15
2.1.12	Registrační značka	15
2.2	Proces schvalování vyrobeného přívěsného vozidla	16
2.2.1	Povolení k výrobě a jeho získání	16
2.2.2	Obsah písemné žádosti	16
2.2.3	Rozhodnutí o technické způsobilosti	17
2.3	Typy přívěsných vozidel	17
2.3.1	Univerzální valníkové přívěsy	17
2.3.2	Sklopné přívěsy	18

2.3.3	Skříňové přívěsy	21
2.3.4	Přívěsy se spouštěcí ložnou plochou	21
2.3.5	Přívěsy na motocykly	22
2.3.6	Autopřepravníky	23
3	Základní požadavky na řešené vozidlo	24
3.1	Rozměrové požadavky na konstrukci přívěsu	24
3.2	Hmotnostní požadavky na konstrukci přívěsu	25
3.3	Požadavky na naložení a vyložení nákladu	25
3.4	Požadavky na výbavu a bezpečnost přívěsu	25
3.5	Výrobní a cenový požadavek	25
3.6	Ekologický požadavek	26
3.7	Shrnutí požadavků	26
4	Konstrukční návrh a výpočty	26
4.1	Konstrukční návrh	26
4.2	Profily hlavních nosníků	26
4.3	Představení konstrukce	29
4.3.1	Konstrukce oje	30
4.3.2	Konstrukce nástavby	31
4.3.3	Doplňkové komponenty nástavby	33
4.3.4	Výběr homologovaných komponentů	34
4.3.5	Princip sklápění nástavby	38
4.4	Síly působící na přívěs	39
4.4.1	Gravitace	39
4.4.2	Brzdění s přívěsem	40
4.4.3	Akcelerace přívěsu	40
4.4.4	Průjezd zatáčkou	40

4.4.5	Jízda obloukem a mezní rychlost	42
4.5	Rozložení zatížení vozíku	43
4.5.1	Poloha nápravy	43
4.6	Mechanismus sklápění – analytický výpočet čepu	46
4.6.1	Posouzení čepu na smyk	46
4.6.2	Posouzení čepu na tlak (otlačení)	47
4.6.3	Posouzení čepu na ohyb	47
4.6.4	Posouzení na kombinaci ohybu a smyku	47
5	Pevnostní analýza	48
5.1	Pevnostní analýza rámu nástavby	48
5.2	Pevnostní analýza přívěsu	50
6	Zhodnocení navržené konstrukce	53
6.1	Cenová kalkulace	53
6.2	Účelovost přívěsu	53
6.3	Technické parametry navržené konstrukce	54
7	Závěr	54
	Seznam obrázků	55
	Seznam tabulek	57
	Seznam příloh	57
	Literatura	58

1 Úvod

Cílem této diplomové práce je provést konstrukční návrh rámu a nástavby přípojného vozidla pro přepravu čtyřkolek.

Tato práce je rozdělena do několika částí. První část je věnována teoretickému rozboru problému. Jsou zde uvedeny důležité části legislativy, postup při schvalování vyrobeného přívěsu a druhy přívěsů.

Druhá část se zabývá základními požadavky na řešené vozidlo. Jedná se o čtyřkolku Journeyman Gladiator X8. Kapitola uvádí stanoviska a požadavky, jak rozměrové tak hmotnostní, které musí navržený přívěs splňovat.

Třetí, následující část je věnována samotnému konstrukčnímu návrhu a výpočtům. Nejprve je popsána samotná koncepce návrhu, dále pak používané profily nosníků a jsou zde popsány jednotlivé konstrukční části, jako je konstrukce oje, nástavby a také jednotlivé doplňkové komponenty. Dále je část věnována principu sklápění nástavby a silám působícím na přípojně vozidlo.

Další částí je kapitola věnovaná pevnostní analýze navržené konstrukce. Je zde uvedeno několik nasimulovaných situací, kde je ověřeno, že konstrukce vyhovuje daným pevnostním požadavkům.

V poslední části práce je uvedeno celkové zhodnocení navržené konstrukce. Je provedena cenová kalkulace nákladů na výrobu navrženého přívěsu a také zhodnocena účelovost.

2 Teoretický rozbor problému

Dopravu představuje organizovaná, záměrně provozovaná činnost, díky které jsou přemisťovány osoby nebo věci z jednoho místa na druhé. Z historického hlediska je doprava stejně stará jako lidstvo samotné. Je možno tudíž konstatovat, že tvoří nosný prvek lidské civilizace.

Doprava má ve světě nezastupitelnou úlohu, i přes veškerá negativa, která jsou s její existencí spojena a mezi která lze zejména zařadit progresivní poškozování životního prostředí a téměř totální závislost na neobnovitelných zdrojích fosilních paliv.

Výroba přívěsů a vozíků vznikla díky potřebě přepravovat nejrůznější náklady. V dnešní době je na našich komunikacích k vidění velký počet nejrůznějších druhů přívěsů a to díky vysokému počtu kvalitních výrobců a také čím dál větším počtu lidí, který takovýto přívěs využívají pro osobní potřebu.

Na současném trhu je k dispozici mnoho velmi kvalitních konstrukčních prvků a částí, díky nimž jsou přívěsy na vysoké úrovni.

V této diplomové práci je proveden konstrukční návrh rámu přívěsu pro přepravu čtyřkolek. Tento návrh je proveden dle požadavků běžného uživatele a je zároveň jednoduchý a snadno vyrobitelný, případně opravitelný. Tento návrh je uzpůsoben tak, aby přívěs nepodléhal rychlému opotřebení, které je vyvoláno běžným používáním, či povětrnostními vlivy.

U navrhovaného sklopného přívěsu je samozřejmostí předpoklad provozu na pozemních komunikacích, tudíž musí splňovat podmínky pro provoz na nich. Využité komponenty musí splňovat homologaci nebo musí být navrženy tak, aby bylo možno provést legislativní schválení technické způsobilosti. Bez tohoto schválení by nebylo možné dosáhnout toho, aby bylo takto zkonstruovanému přívěsu vydáno osvědčení o homologaci.

2.1 Legislativa

Veškerá silniční vozidla provozovaná na pozemních komunikacích v daném státu jsou povinna splňovat určené technické podmínky. Konstrukce přívěsů se sklápěcí nástavbou a jeho provoz na veřejných komunikacích se řídí podle zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích [4] a vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu

vozidel na pozemních komunikacích [5]. Tato vyhláška upravuje nároky na technické zařízení vozidel tak, aby mohla být schválena k provozu na pozemních komunikacích dle předpisů Evropské hospodářské komise (EHK) a směrnic Evropského společenství (EHS/ES). Některé důležité paragrafy, zaměřující se např. na rychlost, spojitelnost vozidel, hluk, hmotnosti, rozměry jsou uvedeny dále.

2.1.1 Kategorie přípojných vozidel

Přípojně vozidlo [1,2] se řadí do druhu silničního vozidla, kterému přísluší dle zákona č. 56/2001 Sb. označení kategorie O. Tato kategorie je poté dělena do čtyř podskupin:

- **O₁**: přípojná vozidla s největší technicky přípustnou hmotností nepřevyšující 750 kg
- **O₂**: přípojná vozidla s největší technicky přípustnou hmotností převyšující 750 kg, ale nepřesahující 3500 kg
- **O₃**: přípojná vozidla s největší technicky přípustnou hmotností převyšující 3500 kg, ale nepřesahující 10 000 kg
- **O₄**: přípojná vozidla s největší technicky přípustnou hmotností, která je vyšší než 10 000 kg
- **O_T**: přípojná vozidla pro traktory

2.1.2 Skupiny řidičského oprávnění

Záležitostmi, které jsou spojeny s řidičskými oprávněními, se zabývá předpis 361/2000 Sb. Důležitá ustanovení, která se týkají téma práce:

§ 80, základní ustanovení:

Řidičské oprávnění opravňuje jeho držitele k řízení motorového vozidla zařazeného do skupiny vozidel, pro kterou mu bylo řidičské oprávnění uděleno.

§ 80a, skupiny vozidel:

Držitelé řidičského oprávnění skupiny B jsou oprávněni řídit motorové vozidlo s maximálně 9 osobami, včetně řidiče, s celkovou hmotností vozidla či soupravy do 3500 kg, s podmínkou, kdy samostatné přípojně vozidlo nepřesahuje celkovou hmotnost 750 kg.

Držitelé řidičského oprávnění skupiny B + E jsou oprávněni řídit motorové vozidlo, které je uvedeno ve skupině B, případně doplněno na jízdní soupravu s přívěsem, o největší povolené hmotnosti nepřevyšující 3500 kg.

2.1.3 Přípojně vozidlo

Přípojně vozidlo je vozidlo, které je nemotorové a tažené motorovým tažným vozidlem. Společně tvoří jízdní soupravu.

Přípojně vozidlo je za pomoci spojovacího zařízení táhnuto motorovým vozidlem. Toto spojení mu zároveň poskytuje elektrický proud, pro zapojení světlometů, popřípadě stlačený vzduch pro přívěsy bržděné. Pokud samotný přívěs bržděný není, zajišťuje tuto funkci tažné vozidlo.

Přívěs sám nese téměř veškeré svislé zatížení od nákladu. Na tažné vozidlo je přenášen pouze zlomek této síly, cca 500 – 1000 N dle typu spojovacího zařízení a vozidla.

2.1.4 Hmotnosti

Nejvyšší povolenou hmotností přívěsu (vozidla) je největší hmotnost, se kterou smí být vozidlo užíváno v provozu na pozemních komunikacích.

Jako okamžitá hmotnost vozidla nebo jízdní soupravy je brána hmotnost zjištěná v určitém okamžiku při jejich provozu na pozemních komunikacích.

Provozní hmotnost je definována jako hmotnost nenaloženého vozidla s nástavbou a se spojovacím zařízením.

Největší technicky přípustná hmotnost na nápravu je definována hmotností odpovídající největšímu technicky statickému svislému zatížení, kterým působí náprava vozidla na povrch pozemní komunikace.

Největší povolenou hmotností přívěsů, které mají pouze jednu nápravu, je hmotnost 8000 kg.

Technicky přípustná hmotnost jízdní soupravy musí být menší než součet hmotností tažného a taženého vozidla. Tato hmotnost je uvedena v technickém průkazu vozidla tažného.

2.1.5 Rychlosti

Pokud příslušný schvalovací orgán nestanoví při schvalování daného přívěsu jinak, nesmí nejvyšší rychlost přívěsů v kategorii O₁ a O₂ překročit 80 km/h. Často je rychlost zvyšována až na 130 km/h. Tato schválená maximální rychlost musí být vyznačena na zadní části přívěsu rozměrově danou tabulkou a zapsána v technickém průkazu přívěsného vozidla.

2.1.6 Rozměry

Maximální vnější rozměry přívěsného vozidla jsou dle legislativy stanoveny takto:

- Největší povolená šířka vozidla je stanovena na 2550 mm.
- Největší povolená výška vozidla je stanovena na 4000 mm.
- Největší povolená celková délka soupravy motorového vozidla s přívěsným je stanovena na 18 750 mm.

2.1.7 Světelná zařízení přívěsů

Na vozidlech kategorií M, N, O apod., mohou být použity pouze ty světelné zdroje a zařízení, které jsou pro ně schválené. To znamená, že smí být použity pouze ty, které splňují podmínky dané legislativou, konkrétně směrnicí řady 76/756 až 76/760/EHS a vyhláškou 341/2014 Sb. [5]

Světelná zařízení produkující světlo jsou rozdělena do dvou základních kategorií, na světlomety a svítilny. Světlomet je navržen pro osvětlování pozemní komunikace (u přívěsných vozidel se zpravidla nevyužívá). Svítilna naopak pouze vyzařuje světelný signál. Za svítilny se považuje například osvětlení registrační značky či odrazky.

- **Světlomety a svítilny - varianty**

Světlomety a svítilny jsou dále rozděleny do několika skupin (variant). Jedná se o samostatné světlomety (svítilny), skupinové světlomety (svítilny), sdružené světlomety (svítilny) anebo sloučené světlomety (svítilny).

V případě samostatných světlometů/svítilen se jedná o zařízení které má samostatné rozptylové sklo, samostatný světelný zdroj i pouzdro. Světlomety skupinové mají taktéž samostatné rozptylové sklo, samostatný světelný zdroj ale naopak mají společné pouzdro.

Ve skupině světlometů sdružených se jedná o ty zařízení, která mají samostatné rozptylové sklo a společný zdroj i pouzdro. Sloučené světlomety/svítilny jsou zařízení, která mají samostatné zdroje světla, úplně nebo z části společná rozptylová skla a společné pouzdro.

- Zpětný světlomet
- Brzdová svítilna
- Svítilna směrová
- Osvětlení registrační značky
- Přední obrysová svítilna
- Zadní obrysová svítilna
- Přední odrazka
- Boční odrazka
- Zadní mlhová svítilna
- Parkovací svítilna
- Zadní trojúhelníková odrazka

2.1.8 Povinná výbava

Jako všechna ostatní vozidla i přívěsy mají povinnost být při jízdě vybaveny některými předepsanými prvky. V povinné výbavě přívěsného vozidla je rezervní kolo s pneumatikou a zakládací klíny, které musí splňovat předpisy, toto však neplatí pro kategorie O_1 a O_t .

2.1.9 Elektroinstalace

K připojení elektroinstalace přípojného vozidla k vozidlu motorovému se využívá elektrických zásuvek. Jedná se o dva základní typy zásuvek, sedmipólové a třináctipólové. Tyto zásuvky mají napětí 12 V a jsou stanoveny dle technických norem ISO 11446.

V některých případech se stává, že je například motorové vozidlo opatřeno sedmipólovou zásuvkou a vozidlo přívěsné zásuvkou třináctipólovou. V takové situaci je využíváno tzv. redukční spojky.

2.1.10 Lapače nečistot (blatníky)

Kola přípojných vozidel musí být opatřeny kryty kol. Pokud jsou kola postavena vně přívěsu, jedná se o blatníky. U kol umístěných pod hlavním rámem přívěsu se hovoří o podběžích.

Umístění lapače nečistot je předepsáno vzdáleností od osy kola. Blatník musí být maximálně 150 mm nad osou kola, přičemž u blatníku se vzdálenost počítá od nejnižší hrany. Sklápěcí přívěsy musí mít spodní hranu blatníku pod osou kola.

2.1.11 Pneumatiky

Přívěsné vozidlo musí být opatřeno pneumatikami, které jsou homologované a které svým značením odpovídají stanoveným požadavkům např. hmotnostním či rychlostním indexem. Hloubka dezénu pneumatik je stanovena na minimálně 1,6 mm.

2.1.12 Registrační značka

Registrační značka musí být na přípojném vozidle umístěna výhradně v jeho zadní části. Toto umístění musí být symetricky ve středu nebo vlevo.

U umístění této značky udává směrnice 70/222 EHS. Tato umožňuje výběr ze dvou variant rovných ploch pro její umístění:

- 520 x 120 mm (š x v)
- 340 x 240 mm (š x v)

Přičemž její výškové umístění je stanoveno v rozmezí mezi 300 mm (v místě nejnižší hrany značky) a 1200 mm (v místě horní hrany značky) nad vozovkou.

Rozměry registračních tabulek:

- 520 x 110 mm (osobní automobil, přívěs)
- 340 x 200 mm (osobní automobil, přívěs)
- 280 x 200 mm (osobní automobil)

2.2 Proces schvalování vyrobeného přívěsného vozidla

Zákon č. 56/2001 Sb. stanovuje maximální počet přívěsů, které můžeme vyrobit po schválení, na 5 kusů. Těchto 5 kusů musí být stejného typu. Na takto schválené přívěsy musí být použity součásti, které jsou homologované pro silniční provoz, jedná se především o nápravu, spojovací zařízení, svítilny atd.

2.2.1 Povolení k výrobě a jeho získání

Před výrobou takového vozidla je nutné, aby výrobce podal písemnou žádost typového schválení tohoto typu vozidla na příslušném obecním úřadě s rozšířenou působností, tzn. v místě bydliště výrobce.

Pro jednotlivé kategorie vozidel zveřejňuje Ministerstvo tzv. předpisovou základnu. Dle této je poté rozhodováno o schválení. Ministerstvo v tomto dokumentu stanovuje, ze kterých technických postupů (požadavků) lze udělit výjimky. Tyto požadavky se ale nesmí týkat brzd, hluku, emisí škodlivin apod.

Nejlepší volbou je tedy použití homologovaných náprav, světelných zařízení, pneumatik, popř. celých kol. V případě svařovaných spojů nutno předložit i platný svářečský průkaz svářeče.

2.2.2 Obsah písemné žádosti

Žádost o schválení výroby zahrnuje:

- Údaje žadatele, název (jméno a příjmení), sídlo (adresu), IČO (RČ)
- Kategorii a druh žádaného vozidla
- Účel použití žádaného vozidla
- Způsob garance a pozáruční servis

Tyto dokumenty obsahují:

- Kopii z živnostenského rejstříku u podnikatele nebo kopii o založení právnické osoby.

- Technický popis vozidla, kde jsou uvedeny veškeré údaje, které obsahuje případný technický průkaz vozidla
- Výkresy sestavy vozidla, kde budou uvedeny rozměry a hmotnosti
- Návod k obsluze a údržbě
- Osvědčení, typizační listy či dokumenty o schválení použitých komponentů

2.2.3 Rozhodnutí o technické způsobilosti

Po prozkoumání kompletní dokumentace k dané žádosti a jejím schválení vydává obecní úřad s rozšířenou působností rozhodnutí o technické způsobilosti vozidla. K tomuto rozhodnutí je nutno doložit také technický protokol, který byl vydán stanicí technické kontroly. Tento protokol deklaruje, že se vozidlo shoduje s požadavky, které jsou uvedeny v rozhodnutí o povolení výroby.

Toto rozhodnutí je vydáno obecním úřadem ve lhůtě 60 dnů. Pokud je toto rozhodnutí kladné, je úřadem vydán technický průkaz k danému vozidlu a registrační značka.

2.3 Typy přívěsných vozidel

V dnešní době brázdí silnice nespočet různých typů přívěsných vozidel [8,11]. Jejich základní rozdělení je uvedeno v následujících podkapitolách.

2.3.1 Univerzální valníkové přívěsy

Jedná se o nejtypičtější druh přívěsu. Jsou určeny k přepravě menšího a středního nákladu. Tento typ přívěsů má několik různých variant provedení. Vyrábí se valníkové přívěsy brzděné a nebrzděné, ale také je možné si vybrat různé umístění kol, a to buď vedle ložné plochy, nebo pod ložnou plochou. Dále je možno vybrat z několika různých variant bočnic.

- **Přívěs s koly vedle ložné plochy**

Náklad je umístěn blíže k zemi, tudíž je zajištěna stabilita přívěsu. Vyznačuje se skvělými jízdními vlastnostmi a snadnou manipulací.



Obr. 1 Přívěs s koly vedle ložné plochy

- **Přívěs s koly pod ložnou plochou**

Díky odnímatelným bočnicím je usnadněn přístup k samotnému nákladu. Umožňuje vytvořit plato pro převoz velkých předmětů.



Obr. 2 Přívěs s koly pod ložnou plochou

- **Bočnice**

Bočnice jsou vyráběny dle přání zákazníka v několika variantách: profilovaný pozinkovaný plech, eloxovaný hliníkový profil, zpevněné relingem (jeklovou ohrádkou), vodovzdorná překližka.

2.3.2 Sklopné přívěsy

Sklopné přívěsy jsou přívěsy, které jsou vhodné pro převozy sypkých materiálů, menších dopravních prostředků (např. motorka, čtyřkolka) či zahradního náčiní (sekačky, traktúrky). Mechanické sklápěcí zařízení usnadní vykládání a zajišťuje kontrolované a

bezpečné nakládání. V této kategorii si zákazník může vybrat z nabídky několika variant sklápění.

- **Sklopná plata a valníky s hydraulickým ovládáním**

- **Sklopná plata a valníky s ručním ovládáním**

Tyto přívěsy mají svařovaný, žárově zinkovaný rám, podlahu z voděodolné překližky, kotvící oka, opěrné kolečko.



Obr. 3 Sklopná plata a valníky

- **Přívěsy s manuální hydraulickou pumpou**

Jednonápravové nebo dvounápravové vždy brzděné přívěsy s koly pod ložnou plochou. Přívěs je sklopný dozadu pomocí manuální hydraulické pumpy.



Obr. 4 Přívěs s manuální hydraulickou pumpou

- **Přívěsy s hydraulickým zvedákem**

Přívěs standardně vybaven hydraulickým zvedákem, který umožňuje snadné sklápění ložné plochy. Může sloužit i pro převoz zahradní nebo menší stavební techniky.



Obr. 5 Přívěs s hydraulickým zvedákem

- **Robustnější přívěsy sklopné do tří stran**

Jednonápravové nebo dvounápravové vždy brzděné přívěsy s koly pod ložnou plochou. Jedná se o přívěsy sklopné do tří stran pomocí manuální hydraulické pumpy. Přívěsy jsou vybaveny odnímatelnými bočnicemi.



Obr. 6 Přívěsy sklopné do tří stran

2.3.3 Skříňové přívěsy

Jedná se o přívěsy vyráběny například z voděodolné překližky, hliníkových panelů nebo sendvičových – tepelně izolovaných panelů. Skříně jsou standardně vybaveny dvoukřídlými dveřmi (popř. zadní dveře jako výklopná rampa). Tyto přívěsy lze vyrobit dle konkrétního zadání zákazníka.



Obr. 7 Skříňové přívěsy

2.3.4 Přívěsy se spouštěcí ložnou plochou

Jsou to jednonápravové nebo dvounápravové přívěsy, pro které je charakteristické unikátní hydraulické sklápění na nápravách. Toto se vyznačuje snadnou obsluhou. Protočením náprav dosedne zadní část ložné plochy na zem, přičemž nájezdová plocha svírá velmi malý úhel, což umožňuje snadné najetí přepravované techniky. Po zajištění nákladu se ložná plocha zvedne zpět do provozní polohy snadným pumpováním ruční hydraulické pumpy.



Obr. 8 Přívěsy se spouštěcí ložnou plochou

2.3.5 Přívěsy na motocykly

Tyto přívěsy se rozdělují do tří kategorií dle počtu převážených motocyklů.

- **Micromoto**

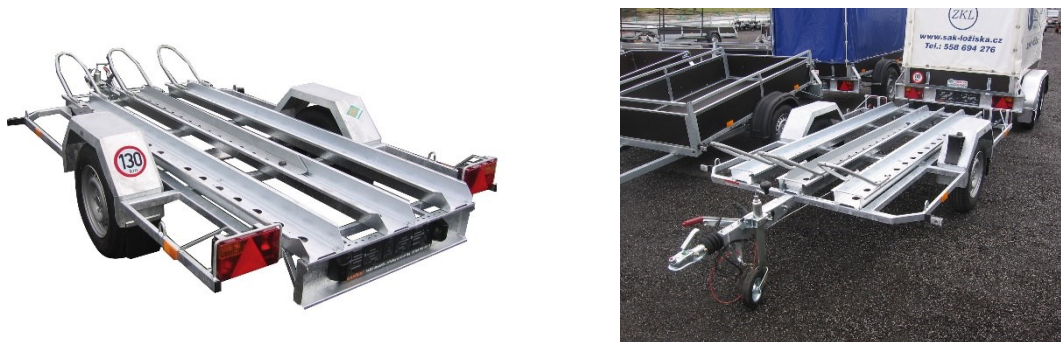
Jedná se o lehký nebrzděný přepravník jednoho motocyklu. Přepravník má vlastní nájezd a koryto s obloukem. Tento nájezd je zasunutý pod přepravním korytem za nosičem registrační značky a lze jej velmi snadno a rychle použít.



Obr. 9 Přívěsy micromoto

- **Moto**

Lehký nebrzděný nebo brzděný přepravník jednoho až dvou motocyklů. Přívěs je vybaven třemi koryty s obloukem a nájezdem a lze na něj naložit buď jeden motocykl doprostřed, nebo dva motocykly do bočních koryt. Uložení přepravních koryt mezi kola nápravy zajišťuje výborné jízdní vlastnosti (nízké těžiště přívěsu). Snadná obsluha umožňuje rychlé naložení nebo vyložení motocyklu.



Obr. 10 Přívěsy moto

- **Motomax**

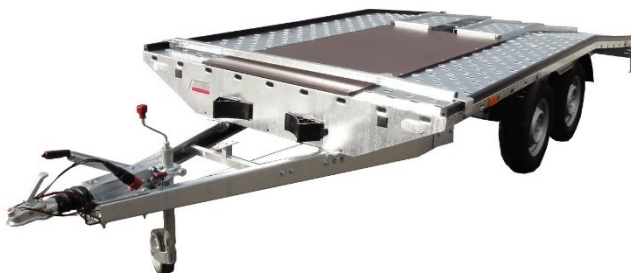
Nebrzděný nebo brzděný plošinový přívěs s koly vedle ložné plochy. Je vybavený třemi koryty s obloukem a nájezdem. Na tomto přívěsu je možno převážet současně až tři motocykly. Podlaha je vyrobena z protiskluzové voděodolné překližky.



Obr. 11 Přívěsy motomax

2.3.6 Autopřevravníky

Autopřevravníky jsou specializované přívěsy pro přepravu osobních automobilů. U těchto druhů přívěsů existuje spousta různých vlastností a příslušenství, které umožňuje bezpečnější a pohodlnější přepravu. Jelikož je tato kategorie značně obsáhlá a není tématem této diplomové práce, nebude jí věnována velká pozornost.



Obr. 12 Autopřevravník

3 Základní požadavky na řešení vozidlo

Tato diplomová práce je zaměřena na konstrukci přívěsu za osobní automobil, který bude sloužit pro přepravu čtyřkolek. Pro tuto potřebu byl zvolen jeden konkrétní typ čtyřkolky, a to Journeyman Gladiator X8. Jedná se o jednu z nejběžnějších a nejprodávanějších čtyřkolek v dnešní době a její rozměry odpovídají jednomu z největších rozměrů v této kategorii čtyřkolek. Dle této zvolené čtyřkolky byly poté navrženy a přizpůsobeny rozměry a hmotnostní požadavky na konstrukci přívěsu.



Obr. 13 Journeyman Gladiator X8

3.1 Rozměrové požadavky na konstrukci přívěsu

Jedním z hlavních aspektů, kterými se návrh přívěsu musí řídit, jsou celkové rozměry převážené čtyřkolky. Dle těchto rozměrů jsou poté uzpůsobeny vnitřní rozměry přívěsu. Zvolená čtyřkolka od značky Journeyman se vyznačuje vnějšími rozměry 2320 mm x 1180 mm. Rozvor kol činí 1480 mm.

3.2 Hmotnostní požadavky na konstrukci přívěsu

Suchá hmotnost (bez provozních kapalin, bez řidiče, bez nákladu) tohoto stroje je stanovena na 387 kg. Jelikož přívěsný vozík bude tažen za osobním automobilem, který bude řízen řidičem s řidičským oprávněním skupiny B, musí navržený vozík spadat do kategorie vozidel O1, tedy do kategorie přívěsných vozidel, jejichž celková hmotnost i s nákladem nepřesahuje 750 kg.

3.3 Požadavky na naložení a vyložení nákladu

Jelikož je před samotným transportem nutno čtyřkolku naložit, popř. vyložit po transportu, mělo by toto být co nejefektivněji navrženo, se snadnou obsluhou přívěsu a doplňkových částí nutných k nakládce/vykládce.

3.4 Požadavky na výbavu a bezpečnost přívěsu

Jak už bylo zmíněno v kapitole o legislativě, je nutno mít přívěs vybaven předepsaným označením vozidla, osvětlením, rezervním kolem a nejméně dvěma zakládajícími klíny.

Mezi standartní výbavu takového přívěsu by také mělo patřit přídatné podpěrné kolečko, které slouží k usnadnění manipulace daného vozíku v případě odpojení od vozidla.

3.5 Výrobní a cenový požadavek

Jak je všeobecně známo s otázkou výroby přichází i otázka jak cenově nákladná tato výroba bude. Jsou požadovány minimální cenové náklady, ovšem ne na úkor kvality jak výrobních procesů, tak použitého materiálu. Při nesprávně dodržovaných technologických předpisech a použitím nekvalitního materiálu může dojít později, v době užívání k neplánovaným výdajům na opravy vyrobeného přívěsu nebo jeho součástí. V tomto případě, kdy se nejedná výhledově o vysoký počet vyrobených kusů, lze konstatovat, že nejvýhodnější bude využití normalizovaných součástí a komponentů. Tyto komponenty jsou homologovány a zároveň kvalitativně zpracovány na vysoké úrovni, což poté předchází nepříjemným situacím při užívání (např. vzniku koroze na rámu přívěsu).

3.6 Ekologický požadavek

Jedním ze základních požadavků dnešní doby je nutnost využití co nejvíce komponentů či součástí, které jsou pokud možno z recyklovatelných materiálů.

3.7 Shrnutí požadavků

Rozměr čtyřkolky	2320 mm x 1180 mm
Váha čtyřkolky (včetně provozních kapalin)	415 kg
Kategorie vozidel	O1

Tab. 1 Shrnutí požadavků

4 Konstrukční návrh a výpočty

4.1 Konstrukční návrh

Návrh a sestavení jakéhokoliv vozidla je obtížná disciplína. Každé vozidlo uživatel provozuje jiným způsobem a mnohdy dochází k tzv. přetěžování.

Při konstrukci rámu, je nutno splnit několik důležitých aspektů. Jedná se především o funkčnost, životnost a také spolehlivost celého přívěsu. Vlastnosti přívěsu ovlivní především konstrukce a použitý materiál, proto je důležité provést správný návrh a výběr. Hlavní konstrukce nosných částí transportních přívěsů se vyrábí především z hutních polotovárů.

V současné době je nejvíce využíváno různých profilů U, I a L. Tyto jsou následně svařovány, což zajišťuje dostatečně velkou celkovou tuhost spoje.

4.2 Profily hlavních nosníků

Pro výrobu přívěsných vozíků je nejčastěji využívána ocel S 355JO dle EN ISO 10219 a S235JR dle EN ISO 10002. Tyto materiály se používají především pro svou zaručenou svařitelnost.

U konstrukcí, kde dochází ke svařování, je vhodné použít technologickou operaci žíhání, jelikož během tohoto procesu dochází v místech svaru ke snížení pnutí.

- **I-profil**

Tento profil se používá v přívěsové a návěsové technice velmi často. Jeho vlastnosti jsou výhodné z hlediska pevnosti, ceny a dostupnosti. Dosahuje vysoké tuhosti v podélném směru a vysokou míru pružnosti. Pružná deformace je žádoucí při jízdě v terénu nebo na nerovném povrchu, kdy dochází k lepšímu rozložení síly od přívěsu na podložku. Mezi nevýhody patří vázané kroucení při zatížení mimo osu profilu.



Obr. 14 Ukázka I – profilu

- **U-profil**

U-profil se hojně vyskytuje v konstrukci automobilových přívěsů a to zejména u hlavních rámů, které tvoří podélníky a příčné. Má obdobné vlastnosti jako I-profil. Snadná dostupnost, nízká cena a vysoká tuhost v podélném směru. Mezi nevýhody patří nižší tuhost v příčném směru oproti I-profilu a vázané kroucení při zatížení mimo osu profilu.



Obr. 15 Ukázka U – profilu

- **L-profil**

Profil vhodný především na pomocné části rámu, jako příčky a držáky příslušenství. Mezi výhody patří nízká cena a dostupnost. L-profil má nízkou tuhost v příčném i podélném směru a dochází u něj k vázanému kroucení.



Obr. 16 Ukázka L – profilu

- **Uzavřený tenkostěnný profil (jäckl)**

Uzavřený tenkostěnný profil se u automobilových přívěsů používá především na pomocné části rámu, kde musí být dosaženo dostatečné příčné i podélné tuhosti. Často se používají v oblasti traktorové návěsové techniky. Tento profil je výhodný především svojí tuhostí v příčném i podélném směru. Mezi nevýhody patří vyšší cena.



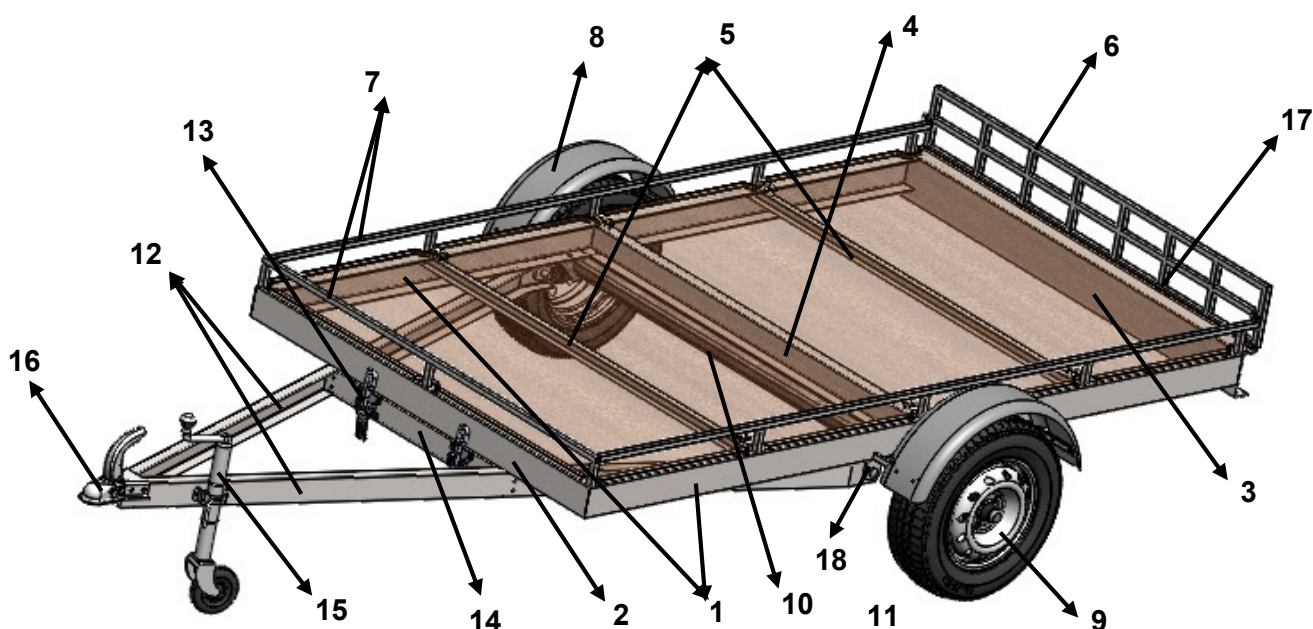
Obr. 17 Ukázka uzavřeného tenkostěnného profilu

4.3 Představení konstrukce

Předmětem této diplomové práce je provést konstrukční návrh přívěsného vozidla pro převoz čtyřkolky.

Přívěsné vozidlo bylo dle stanovených požadavků navrženo jako sestava dvou na sobě závislých částí. Tou první je tzv. „V“ oj a část druhá se skládá z nosného rámu nástavby. Oj je na rám nástavby připevněna čepovým spojem, který také zároveň zajišťuje samotné sklápění nástavby přívěsu.

Přívěs je vybaven bočnicemi a zadním výklopným čelem. Podrobný popis jednotlivých částí přívěsu je rozepsán v následujících kapitolách.



Obr. 18 Představení navržené konstrukce

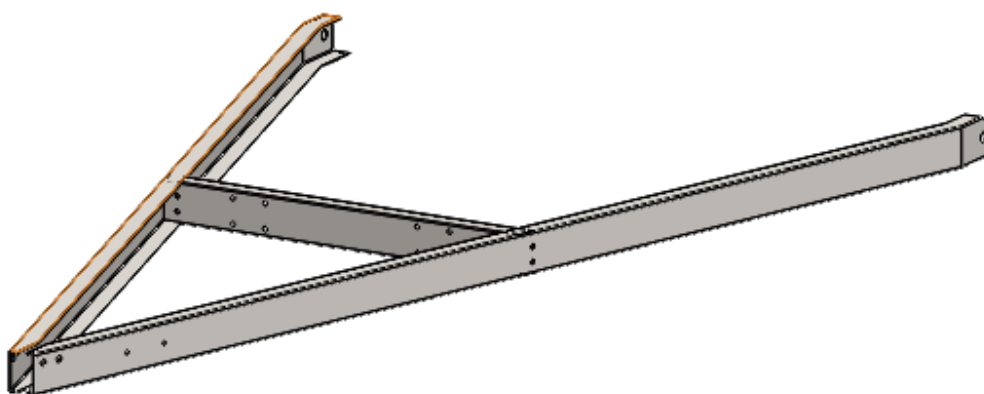
Číslo	Název	Profil	Rozměr	Materiál
1	Podélný profil nástavby	U	100/50/4	S235JR
2	Příčný profil nástavby	U	100/50/4	S235JR
3	Příčný profil nástavby	U	140/55/4	S235JR
4	Příčná výztuha rámu	U	100/50/4	S235JR
5	Příčná výztuha rámu	U	50/40/3	S235JR
6	Zadní výklopné čelo	Jäkl	20/20/2	S235JR
7	Bezpečnostní zábradlí	Jäkl	20/20/3	S235JR

8	Lapač nečistot	-	-	-
9	Kolo	-	-	-
10	Náprava	-	-	-
11	Čep sklápění nástavby	Kruhová tyč tažená	Ø 30	S355JR
12	Oj	U	80/40/3	S235JR
13	Přezka	-	-	-
14	Výztuha oje	U	-	S235JR
15	Opěrné kolečko	-	-	-
16	Spojovací zařízení	-	-	-
17	Pant zadního čela	-	-	-
18	Uchycení oje	Pásová ocel	70/8	S235JR

Tab. 2 Přehled částí konstrukce

4.3.1 Konstrukce oje

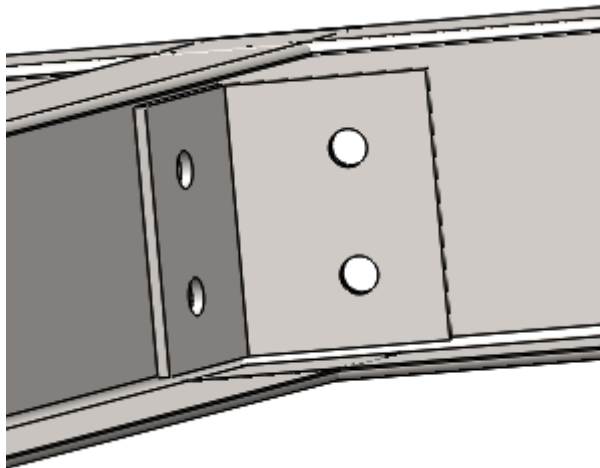
Jak už bylo zmíněno, jako typ nosné oje byla zvolena oj typu „V“. Jedná se o dva podélné otevřené rovnoramenné profily průřezu U 80/40/3 [9]. Tyto profily se rozšiřují pod úhlem 17° tak, aby bylo možno na jejich počátek bez problému přišroubovat spojovací zařízení. U konce jsou poté obě části oje zahnuty do směru rovnoběžného s podélnou osou přívěsu. V místě ukončení oje je proveden otvor pro čep, díky kterému je zajištěno spojení s rámem nástavby. Je zde také odebrána část pásnice a zkosena stojina, aby bylo konstrukčně možné sklopení přívěsu.



Obr. 19 Konstrukce oje

Pásnice oje jsou v místě ohybu nejdříve naříznuty V spojem a po ohybu opět svařeny dohromady. Dále je poté na oji umístěna výztuha v místě předního příčnicku rámu nástavby. Tato výztuha je provedena taktéž z profilu U 80/40/3 a je k šikmým profilům oje připevněna

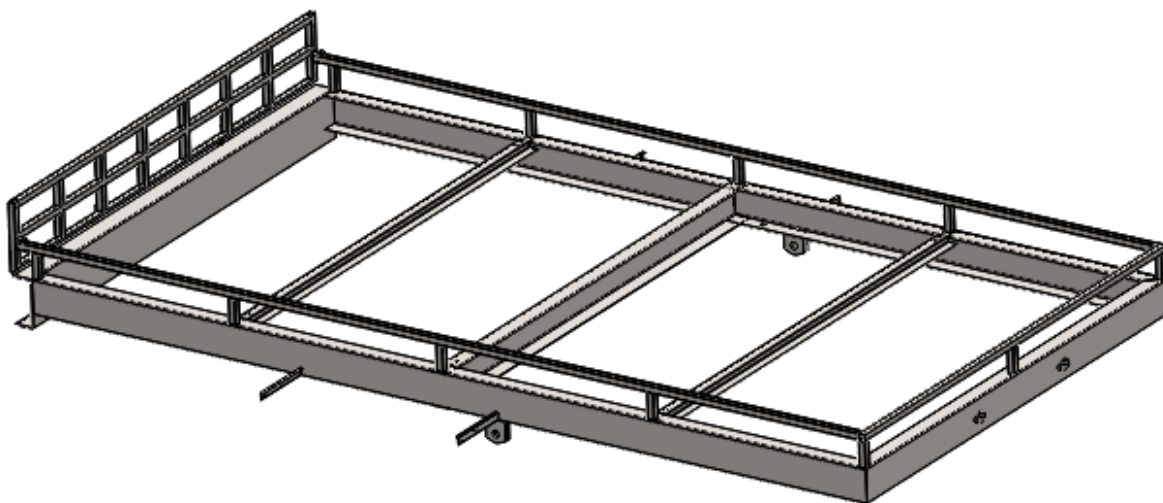
pomocí šroubů a příložek. Na tuto výztuhu jsou také umístěny přezky k upevnění rámu nástavby po jeho narovnání do vodorovné polohy. Oj disponuje otvory pro upevnění podpěrného kolečka a výztuhou, která slouží k montáži přezky držící nástavbu ve vodorovné poloze.



Obr. 20 Detail připojení výztuhy pomocí příložky

4.3.2 Konstrukce nástavby

Rám nástavby je navržen jako žebřinová konstrukce skládající se z podélníků a příčníků.

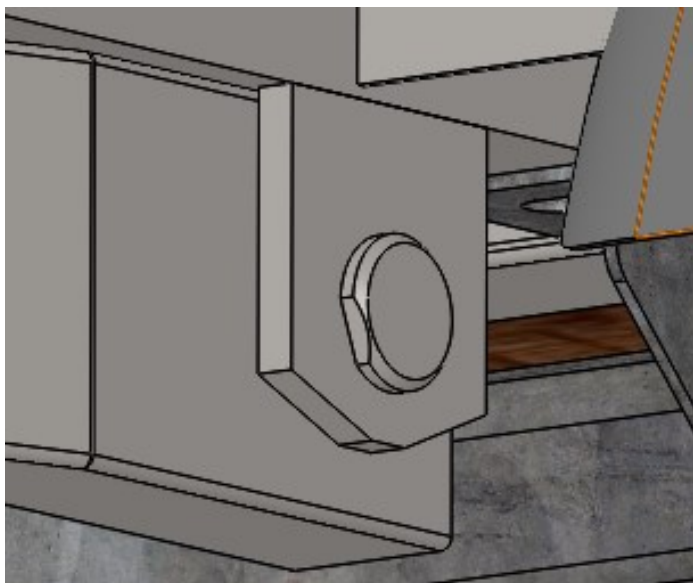


Obr. 21 Konstrukce rámu nástavby

Podélníky jsou tvořeny z rovnoběžných k sobě otevřených profilů U 100/50/4 v osové vzdálenosti rovnající se rozteči šroubů nápravy $b = 1400$ mm. Podélníky uzavírá v přední části příčník stejného profilu a v části zadní je spojení vytvořeno profilem U 140/55/4, který je otevřen směrem ven od konstrukce rámu. Toto je učiněno z důvodu umístění registrační značky a světel do prostoru uvnitř úhelníku. Zabudované komponenty jsou tímto chráněny proti negativním vlivům a poškození. Zároveň jsou vhodně umístěny tak, aby splňovaly legislativní předpisy.

Žebřinový rám je v určitých vzdálenostech příčně vyztužen pomocí výztuh profilu U. Středová výztuha v místě umístění nápravy je tvořena profilem U 100/50/4, a další dvě výztuhy mezilehlé tvoří profil U 50/40/3.

V místě styku oje a rámu nástavby je na podélnících nástavby navařeno uchycení pro oj. Toto uchycení tvoří dva vedle sebe umístěné profily z pásové oceli tloušťky 8 mm opatřeny dírou $\varnothing 20$ mm s tolerancí D10 pro čep. Do mezery mezi těmito profily je vložena stojina oje a dojde k vytvoření čepového spoje.



Obr. 22 Detail připojení oje na rám nástavby

4.3.3 Doplnkové komponenty nástavby

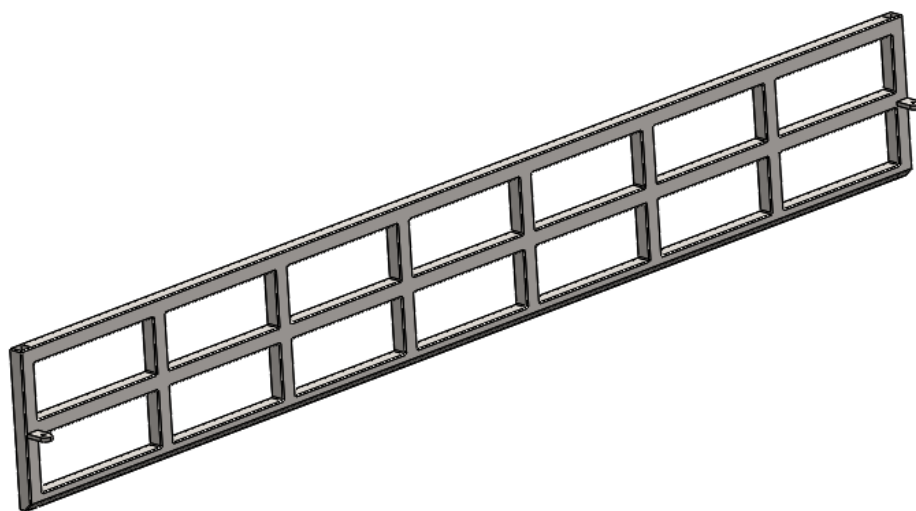
- **Bočnice**

Ve většině případů jsou vozíky vybaveny hliníkovými nebo dřevěnými bočnicemi. Tyto bočnice jsou vhodné k převozu např. většího množství nákladu, sypkého materiálu. Jelikož je vozík konstruován pro převoz čtyřkolky, není tento druh bočnic potřeba. Namísto nich bylo zvoleno nízké zábradlí, které zabraňuje přesunutí čtyřkolky mimo plato vozíku.

Zábradlí je tvořeno uzavřenými tenkostěnnými profily čtvercového průřezu 20/20/2. Celková výška zábradlí je stanovena na 95 mm.

- **Zadní výklopné čelo**

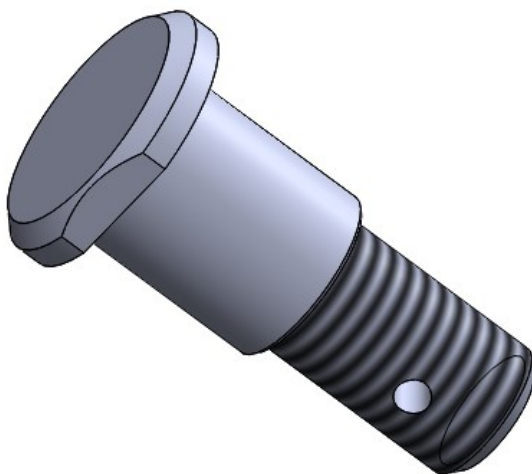
Zadní výklopné čelo přívěsu je navrženo tak, aby po něm byl umožněn pohyb čtyřkolky při nakládání a vykládání. Čelo tvoří rošt, který se skládá z profilů 20/20/2. Čelo je k rámu nástavby připevněno pomocí dvou robustních pantů (z důvodu nájezdu převáženého vozidla). Ve své poloze je čelo zajištěno pomocí oka a do něj vloženého otočného šroubu.



Obr. 23 Zadní výklopné čelo

- **Čep sklápění nástavby**

Jak už bylo zmíněno, sklápění nástavby je zajištěno pomocí kloubového spojení. Tohoto spojení je dosaženo pomocí čepu s hlavou, který je na své druhé straně zajištěn pomocí korunové matice a závlačky.



Obr. 24 Čep sklápění nástavby

4.3.4 Výběr homologovaných komponentů

Na českém trhu se nachází velké množství výrobků a prvků vyráběných přímo pro přívěsy. Dvěma předními výrobci jsou firmy AL-KO Kober spol. s.r.o. a KNOTT CZ, s.r.o. Tito dva výrobci udávají směr vývoje konstrukce náprav, brzdových soustav a příslušenství pro přívěsy [7]. V rámci konkurenčního boje jsou ceny obdobných produktů u těchto výrobců téměř totožné.

- **Náprava**

Při volbě nápravy jsme limitováni rozměry přívěsu, a to především šířkou, která odpovídá přibližně šířce vozidla. Dále je důležité, zda budou kola umístěna pod ložnou plochou nebo vedle ní. Pro navrhovanou konstrukci byla zvolena varianta umístění kola vedle ložné plochy z důvodu nižšího těžiště a s tím spojené lepší jízdní vlastnosti.

Dle rozměrů rámu a splnění požadavků na vozidlo byla zvolena nebrzděná náprava s koly mimo ložnou plochu AL-CO Compact UBR 700-5 s následujícími parametry.

Rozteč na uchycení 1400 mm, rozteč na náboje 1830 mm, rozteč náboje 4x100mm, celková nosnost 750kg. Ramena náprav jsou odpružena pružicími elementy s vysokým vlastním útlumem. Uchycení nápravy k rámu je provedeno čtyřmi šrouby M12.



Obr. 25 Náprava AL-CO Compact UBR 700-5

- **Spojovací zařízení**

Jedná se o zařízení, které mechanicky spojuje přívěsné vozidlo s vozidlem tažným. Spojovací zařízení je nasazeno na tažné zařízení na automobilu a poté zabezpečeno.

Pro konstrukci „V“ oje je zvoleno spojovací zařízení WW 8 – Y vyrobeno firmou Winterhoff. Toto zařízení je vhodné pro využití u přívěsů s centrální nápravou a s celkovým zatížením 800 kg, přičemž ale svislé zatížení na kouli nesmí přesáhnout 75 kg. Spojovací zařízení svírá úhel 34°, čemuž je přizpůsobena konstrukce oje a jeho hmotnost je 1,49 kg.



Obr. 26 Spojovací zařízení

- **Kola**

Jelikož byla konstrukce zvolena jako přívěs s koly mimo ložnou plochu, využívají se pro tyto varianty úzké pneumatiky a k tomu vhodný ráfek. Pneumatika musí splňovat tři základní parametry. Prvním z nich je rozměr, druhý index hmotnosti pneumatiky a třetí rychlostní index pneumatiky.

V případě tohoto návrhu je vhodné použít hmotnostní index 74, což odpovídá zatížení 375 kg a rychlostní index M, který představuje maximální rychlost 130 km/h.

Rozměr pneumatiky byl zvolen 165/70 R13. Jelikož se nejedná o velké zatížení působící na pneumatiky, je možné vynechat použití zátěžových pneumatik a je možné zvolit pneumatiky standardní, které ovšem splňují požadované indexy.

Optimální variantou jsou tedy kola s ocelovým diskem a roztečí 4x100 mm, osazené pneumatikami 165/70 R13 74M.



Obr. 27 Kolo 165/70 R13 74M

- **Blatníky**

Během volby blatníků neboli lapačů nečistot, bylo vycházeno z rozměrů kol. Blatníky jsou používány především kovové nebo plastové.

Pro konstrukci přívěsu, který je předmětem této práce byl zvolen blatník z plastového materiálu značky VAPP 13"/190 mm. Tento blatník je vhodný pro 13" a 12" kola. Rozměry: vnitřní šířka 190 mm, vnější šířka 200 mm, výška 295 mm, délka 700 mm.



Obr. 28 Blatník VAPP

- **Opěrné kolečko**

Opěrné kolečko slouží především k usnadnění manipulace, když je přívěs odpojen od tažného zařízení automobilu a také zajišťuje jeho vodorovnou polohu. Zpravidla bývá připevněno v přední části přívěsu a to na oji. Bylo zvoleno opěrné kolečko od firmy Winterhoff model WW ST 48/200 VB. Parametry: statická nosnost: max. 150 kg, průměr kolečka: 200 mm, šířka kolečka: 50 mm, průměr svislé trubky: 48 mm, náboj ložiska: kluzný, max. zdvih: 220 mm.

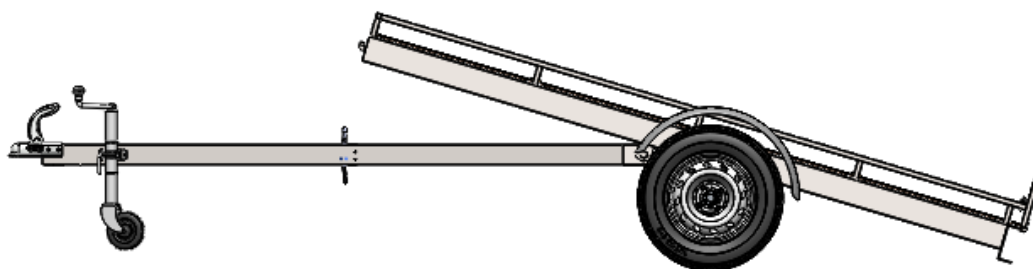


Obr. 29 Opěrné kolečko Winterhoff

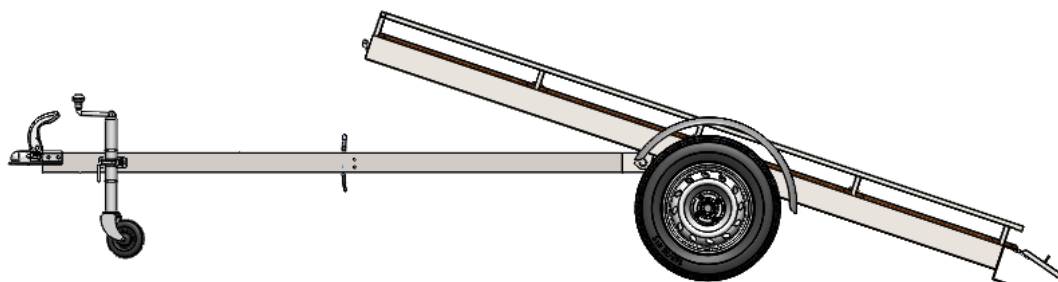
- **Podlaha**

Podlaha je nedílnou součástí přívěsu, může být tvořena plechem, voděodolnou překližkou nebo různými profily. Byla zvolena voděodolná a protiskluzová překližka z důvodu víceúčelovosti přívěsu. Překližka je opatřena výřezy pro její snadnou montáž. Tloušťka 15 mm zajistí dostatečnou pevnost a životnost.

4.3.5 Princip sklápění nástavby



Obr. 30 Sklopení nástavby – krok č. 1



Obr. 31 Odjištění zadního čela – krok č. 2

4.4 Síly působící na přívěs

V provozu na pozemních komunikacích se přívěs dostává do různých zátěžových situací tzv. stavů [3]. Ke zkoumání chování přívěsu během jeho provozu je důležité tyto silové účinky identifikovat. Na základě identifikace silových účinků je možné rám podrobit pevnostní analýze, při které se zjišťují deformace a napětí na rámu.

Na naší planetě se vždy vyskytuje gravitační síla způsobená gravitačním zrychlením země. Gravitační síla je tedy zakomponována do všech jednotlivých stavů. Je nutno uvažovat všechny provozní stavy a to jak stojící přívěs resp. jízda konstantní rychlostí vpřed, tak i brzdění, akceleraci a průjezd zatáčkou. Jednotlivé silové stavy jsou zkoumány při plně naloženém přívěsu. Zatížení jsou vyvolány především setrvačným účinkem hmoty s konkrétním zrychlením.

4.4.1 Gravitace

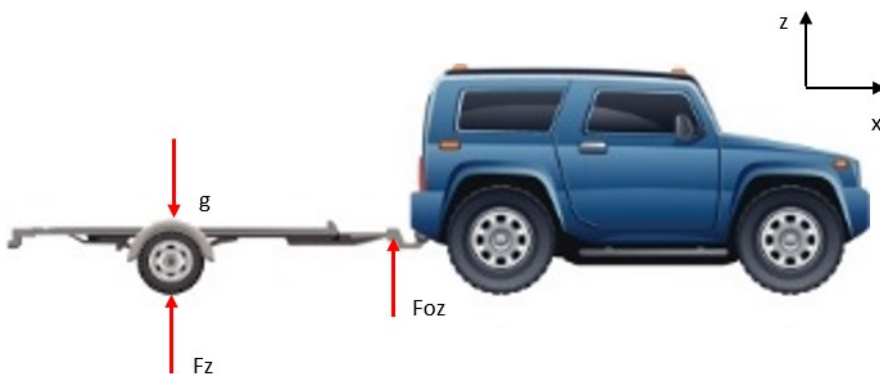
Gravitační síla působí na každé hmotné těleso, přičemž velikost tohoto zatížení je $9,81 \text{ m/s}^2$. Tento provozní stav nastane v případě, kdy jízdní souprava stojí na místě, nebo se pohybuje přímým směrem konstantní rychlostí.

Výpočet gravitační síly působící na přívěs:

$$F_g = m \cdot g \text{ [N]}$$

m.....celková hmotnost přívěsu [kg]

ggravitační zrychlení [m/s^2]



Obr. 32 Působení gravitační síly

4.4.2 Brzdění s přívěsem

Jízdní stav, kdy dochází k intenzivnímu brzdění na mezi blokování kol tažného vozidla. Při brzdění působí na přívěs od vozidla síla v podélném směru, při čemž tato síla se rovná síle setrvačné a je vyvolána brzdným zrychlením a_b

Výpočet setrvačné síly při brzdění:

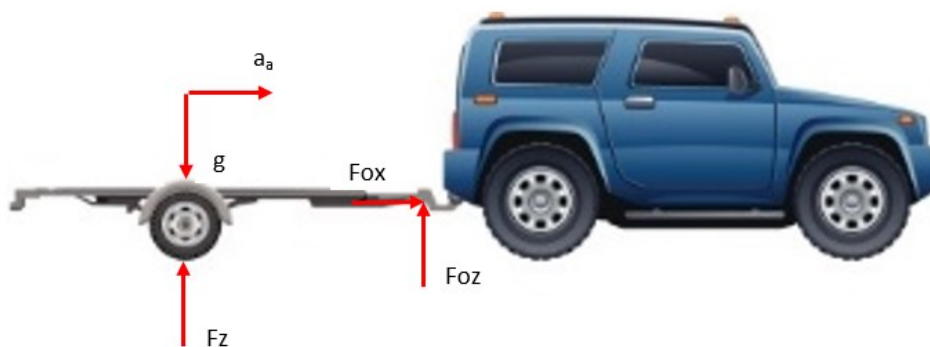
$$F_s = m \cdot a_b \text{ [N]}$$

mhmotnost přívěsu [kg]

a_bbrzdné zpomalení soupravy [m/s^2]

4.4.3 Akcelerace přívěsu

Při akceleraci jízdní soupravy dochází také k namáhání rámu přívěsu. Způsobuje to zrychlení, které vzniká při akceleraci jízdní soupravy. Moderní osobní a užitková vozidla se v první fázi rozjezdu pohybují se zrychlením přibližně $2,5 \text{ m/s}^2$. Pro zajištění správné a spolehlivé funkce přívěsu, musíme uvažovat toto zrychlení do cca 5 m/s^2 .



Obr. 33 Působení sil při akceleraci

4.4.4 Průjezd zatáčkou

Je to stav, ve kterém je zahrnut průjezd zatáčkou (rovnoměrný pohyb po kružnici) nebo úhybný manévr. Při tomto stavu dochází k působení setrvačných sil v příčném směru tzv. dostředivé (příčné) zrychlení.

Výpočet odstředivé síly:

$$F_o = m \cdot a_d = \frac{v^2}{R} \cdot m [N]$$

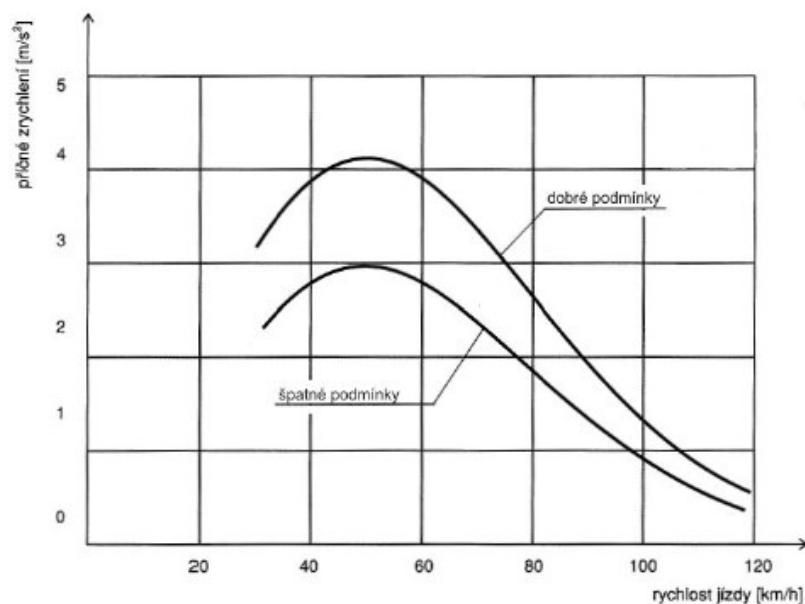
m... celková hmotnost přívěsu [kg]

a_d ... dostředivé zrychlení [m/s^2]

v ... rychlost pohybu vozidla [km/h]

R... poloměr zatáčky [m]

Aby bylo možno provést rozbor silového působení v příčném směru, je potřeba vycházet z výsledků měření, které bylo provedeno při jízdě v praktickém provozu. Tyto měření prokazují, že je využíváno nižších hodnot příčného zrychlení, než by umožňoval stav techniky (zejména adhezní možnosti pneumatik). Toto je způsobeno psychologickou bariérou, která průměrným řidičům zabraňuje využití vyšších příčných zrychlení při jízdě vysokou rychlostí. Na obrázku níže je znázorněna křivka zjištěné závislosti mezi velikostí využívaného příčného zrychlení a rychlostí dané jízdy. Křivka dosahuje maxima v hodnotě $4,1 m/s^2$. Při započítání určité rezervy, můžeme stanovit požadavek na konstrukci přívěsu tak, aby konstrukce odolala příčnému zrychlení $5,0 m/s^2$.



Obr. 34 Křivka dosahovaných příčných zrychlení v provozu

4.4.5 Jízda obloukem a mezní rychlost

Je stanoveno, že při jízdě zatáčkou na vodorovné vozovce musí být splněna podmínka odolnosti proti smyku a proti překlopení vozidla.

Podmínka pro vznik smyku:

$$\mu \geq \frac{v^2}{3,6^2 \cdot g \cdot R}$$

μ ... smykové tření

v ... rychlost vozidla

R ... poloměr zatáčky

g ... gravitační zrychlení [m/s²]

Zároveň ale platí i podmínka pro překlopení vozidla:

$$\frac{v^2}{3,6^2 \cdot g \cdot R} \leq \frac{B}{2 \cdot ht}$$

B ... rozchod kol

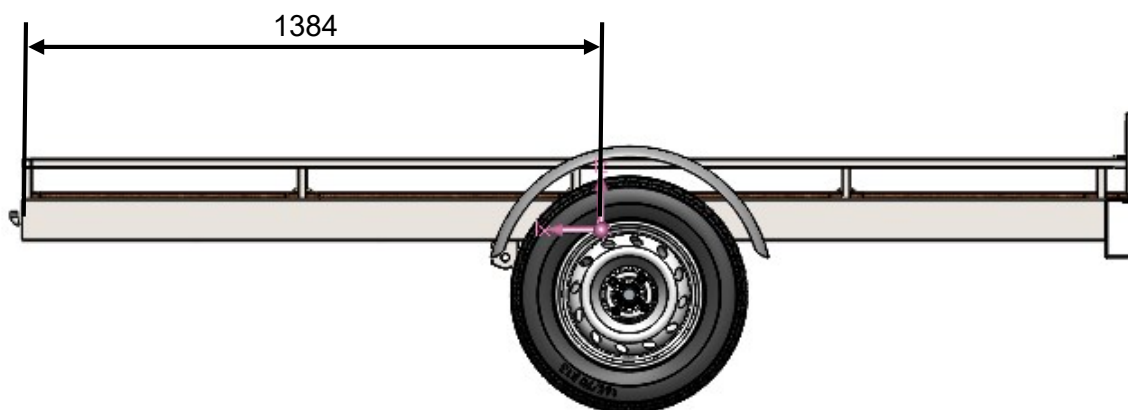
ht ... výška těžiště

Ze srovnání podmínek odolnosti proti smyku a překlopení vyplývá:

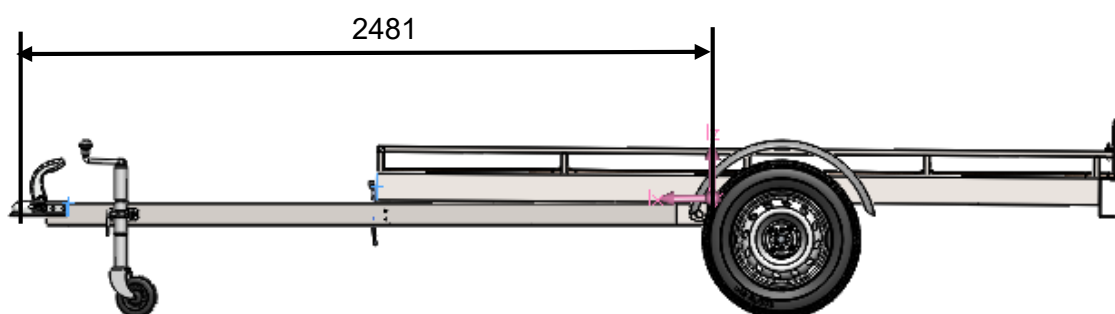
$$\frac{B}{2 \cdot ht} \geq \mu \geq \frac{v^2}{3,6^2 \cdot g \cdot R}$$

4.5 Rozložení zatížení vozíku

Pro výpočet některých částí konstrukce přívěsného vozidla je zapotřebí stanovení zatížení a polohy těžišť jednotlivých částí a celku. Polohy těžišť a hmotností byly stanoveny pomocí navrženého 3D modelu v programu Solidworks 2014.



Obr. 35 Poloha těžiště nástavby



Obr. 36 Poloha těžiště přívěsu

3D model je pro výpočet zjednodušen do 2D úlohy. Z této jsou poté potřebné reakce a vzdálenosti počítány pomocí statických podmínek rovnováhy.

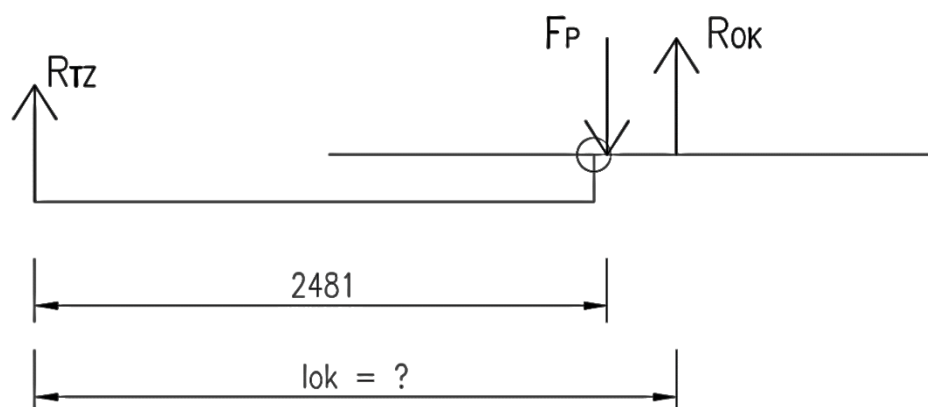
4.5.1 Poloha nápravy

Je velmi důležité navrhnout podélné umístění nápravy vzhledem k svislé ose tažného zařízení tak, aby svislá síla při naloženém vozíku působila na tažné zařízení. Firmy vyrábějící tažná zařízení a vozidla dle jízdních zkoušek uvádí tíhu 50 kg jako optimální

hodnotu svislého zatížení, které působí na tažné zařízení (u některých vybraných vozidel 75 -100 kg).

Dle odhadu stanovená hodnota tohoto svislého zatížení od zapřaženého prázdného přívěsného vozíku, činí přibližně 15 kg (tj. cca 150 N).

Byl vytvořen jednoduchý 2D model pro výpočet optimálního umístění nápravy. V tomto modelu představuje spodní přímka oj a přímka horní rám nástavby. Přímky jsou spojeny kloubovým spojem, ovšem pro následný výpočet je kloubové spojení zanedbáno a s konstrukcí se zachází jako s tuhým tělesem. V levé části v místě A se nachází reakce, která simuluje právě odhadnutou velikost svislého zatížení. Vpravo v místě B se nachází reakce od nápravy (reakce v ose kola). Schéma obsahuje také gravitační sílu působící v těžišti vozíku.



Obr. 37 Schéma rozmištění sil

Veličina	Označení	Hodnota
Reakce v místě tažného zařízení	R_{TZ}	150 N
Reakce v místě osy kola	R_{OK}	?
Tíha přívěsu	F_P	2010 N
Gravitační zrychlení	g	10 m/s ²
Vzdálenost těžiště od osy TZ	l_p	2481 mm
Vzdálenost osy kola od osy TZ	l_{ok}	?

Tab. 3 Veličiny pro výpočet polohy nápravy

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{TZ} + R_{OK} - F_P = 0$$

$$R_{OK} = F_P - R_{TZ} = 2010 - 150 = 1860 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{TZ} \cdot l_{OK} - F_P \cdot (l_{OK} - l_P) = 0$$

$$R_{TZ} \cdot l_{OK} - F_P \cdot l_{OK} + F_P \cdot l_P = 0$$

$$(R_{TZ} - F_P) \cdot l_{OK} = -F_P \cdot l_P$$

$$l_{OK} = \frac{-F_P \cdot l_P}{R_{TZ} - F_P} = \frac{-2010 \cdot 2481}{150 - 2010} = 2681 \text{ mm}$$

Jelikož při sklápění rámu nástavby dochází k posunu polohy těžiště směrem k zadní části přívěsu je zapotřebí spočítat, zda nedojde k převážení vyklopeného a odpojeného vozíku směrem vzad při takto stanoveném umístění nápravy.

$$l_{PP} = 2532 \text{ mm}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{TZ} \cdot l_{OK} - F_P \cdot (l_{OK} - l_{PP}) = 0$$

$$R_{TZ} = \frac{F_P \cdot (l_{OK} - l_{PP})}{l_{OK}} = \frac{2010 \cdot (2681 - 2532)}{2681} = 112 \text{ N}$$

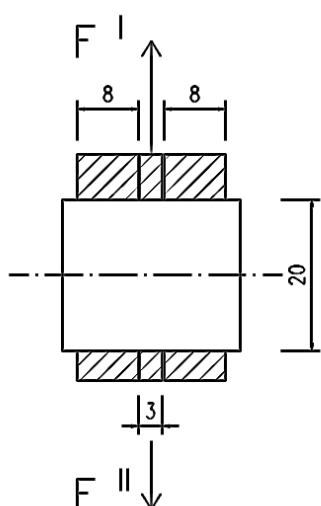
$112 > 0 \rightarrow$ Vyhovuje, přívěs se nepřeváží vzad při vyklopení a odpojení

4.6 Mechanismus sklápění – analytický výpočet čepu

Sklápění rámu nástavby přívěsného vozidla je navrženo pomocí čepu. Ten je vzhledem k dané konstrukci namáhám převážně smykovou silou. Vzhledem k uložení čepu na rámu nástavby dochází působením zatížení k tlakovému namáhání (otlačení) jednotlivých částí čepu.

Přívěsné vozidlo je dynamicky namáhaná konstrukce. Pro zabezpečení únosnosti i za předpokladu tohoto působení byl zvolen koeficient bezpečnosti $s = 3$. Tento koeficient je v běžné praxi využíván pro posuzování dynamicky namáhaných součástí konstrukcí.

Pro posudek čepu je nutno stanovit zatížení jednoho z dvojice čepů. Toto je provedeno pomocí momentové podmínky stanovené na nástavbě, která je zatížena nákladem. Předpokládá se zatížení od užitkové hmotnosti přívěsného vozidla (546 kg) a od hmotnosti nástavby (112 kg). Dle tohoto zatížení se velikost síly do dvojice čepů rovná síle 7618 N. Síla na jeden čep je tedy 3809 N.



Obr. 38 Schématický řez čepem

Druh veličiny	Označení	Hodnota
Průměr čepu	d_c	20 mm
Svislá síla v čepu	F	3809 N
Tloušťka uchycení čepu	l_1	8 mm
Tloušťka stojiny oje	l_2	3 mm
Délka fiktivního nosníku	l_{ohyb}	11,5 mm

Tab. 4 Přehled veličin pro výpočet čepu

4.6.1 Posouzení čepu na smyk

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F}{2}}{\frac{\pi \cdot d_c^2}{4}} = \frac{\frac{3809}{2}}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4}} = 6,09 \text{ MPa} < \sigma_d = \frac{Re}{3} = \frac{355}{3} = 118 \text{ MPa}$$

→ VYHOVUJE

4.6.2 Posouzení čepu na tlak (otlačení)

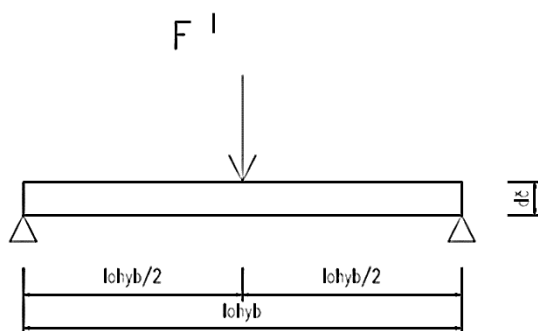
$$p_I = \frac{F}{S} = \frac{F}{l_1 \cdot d_{\xi}} = \frac{3809}{8 \cdot 20} = 23,8 \text{ MPa} < \sigma_d = \frac{Re}{3} = \frac{235}{3} = 78 \text{ MPa}$$

$$p_{II} = \frac{F}{S} = \frac{F}{l_2 \cdot d_{\xi}} = \frac{3809}{3 \cdot 20} = 63,5 \text{ MPa} < \sigma_d = \frac{Re}{3} = \frac{235}{3} = 78 \text{ MPa}$$

→ VYHOVUJE

4.6.3 Posouzení čepu na ohyb

Pro tento výpočet bylo vytvořeno schéma fiktivního ohybového nosníku, který je podepřen vždy v polovině tloušťky uchycení oje. Největší ohybový moment tedy vzniká přímo uprostřed čepového spoje.



Obr. 39 Schéma pro ohyb čepu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \frac{l_{ohyb}}{2}}{\frac{\pi \cdot d_{\xi}^3}{32}} = \frac{\frac{3809}{2} \cdot \frac{11,5}{2}}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}} = 13,94 \text{ MPa} < \sigma_d = \frac{Re}{3} = \frac{355}{3} = 118 \text{ MPa}$$

→ VYHOVUJE

4.6.4 Posouzení na kombinaci ohybu a smyku

$$\sigma_{RED\,HMH} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_s^2} = \sqrt{13,94^2 + 3 \cdot 6,09^2} = 17,45 \text{ MPa} < \sigma_d = \frac{Re}{3} = \frac{355}{3} = 118 \text{ MPa}$$

→ VYHOVUJE

5 Pevnostní analýza

Pevnostní analýza je prováděna pomocí metody MKP neboli metody konečných prvků. Jedná se o metodu, kdy jsou jednotlivé komponenty rozloženy na několik malých prvků, na kterých jsou jednotlivá napětí a deformace počítány.

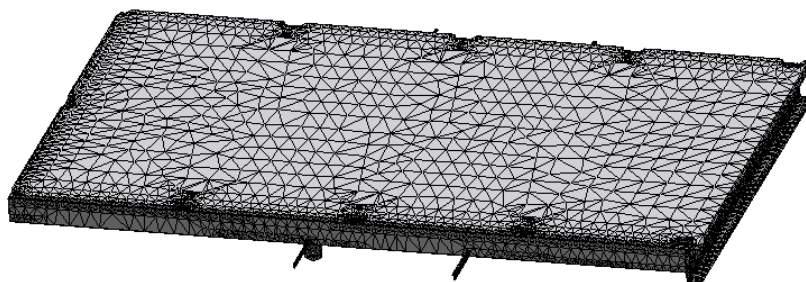
Jelikož je konstrukce poměrně složitého tvaru a nacházejí se v ní různé návaznosti, které je nutno dodržet, bylo zapotřebí tuto konstrukci zhodnotit pomocí 3D modelu. Jednotlivé průběhy napětí a deformací byly stanoveny pomocí programu Autodesk Inventor 2016.

K tvorbě 3D modelu v tomto programu bylo nejprve zapotřebí upravit stávající model v programu SolidWorks 2014. Ze stávajícího modelu byly odstraněny doplňkové prvky jako je náprava, blatníky, bočnice apod. tak, aby zůstaly pouze hlavní části, které tvoří nosnou konstrukci. Tyto byly poté idealizovány (zjednodušeny), tzn., že byly odstraněny jednotlivá zaoblení prvků, zkosení či jiné úpravy, které by ovlivnily tvorbu sítě pro MKP analýzu. Po těchto úpravách byl model naimportován do již zmíněného programu Inventor, kde mu byly přiřazeny jednotlivé okrajové podmínky, kontaktní plochy a vloženo zatížení.

Byla prováděna nejprve analýza rámu nástavby přívěsného vozidla a posléze analýza konstrukce jako celku.

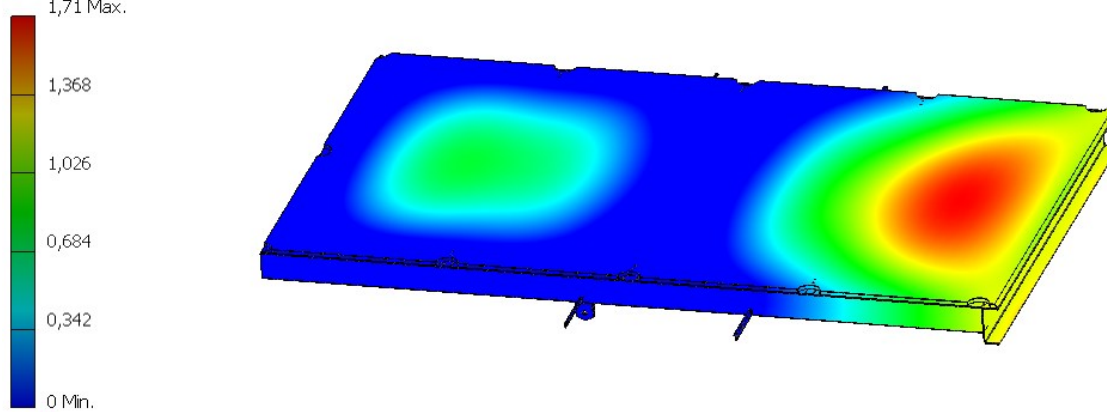
5.1 Pevnostní analýza rámu nástavby

Pro tento výpočet byla vytvořena simulace, ve které byla konstrukce zatížena tíhou nákladu a vlastní tíhou. Náklad byl nasimulován čtyřmi silami umístěnými tak, aby představovaly nejpravděpodobnější rozložení nákladu (čtyřkolky), přičemž síly jsou situovány do jednotlivých kol čtyřkolky. Šroubové připojení překližky k rámu vozíku je nasimulováno pomocí funkce Dotyk. Na modelu byla vytvořená síť konečných prvků a poté spuštěna simulace.



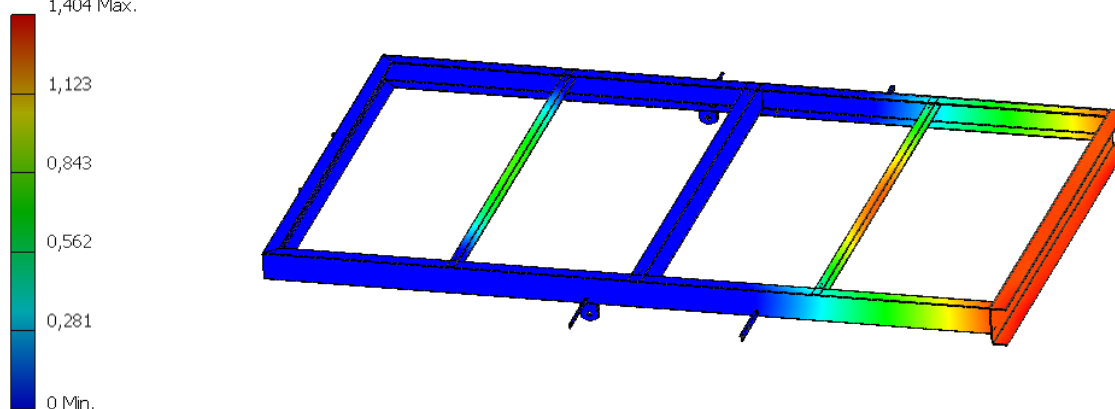
Obr. 40 Ukázka vytvořené sítě konečných prvků

Typ: Posunutí
Jednotka: mm
14. 5. 2016, 19:01:20
1,71 Max.



Obr. 41 Grafické znázornění posunů rámu nástavby včetně desky

Typ: Posunutí
Jednotka: mm
14. 5. 2016, 19:00:48
1,404 Max.

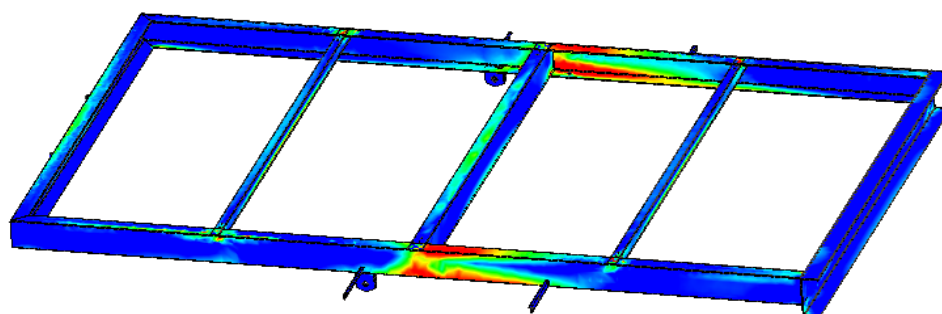
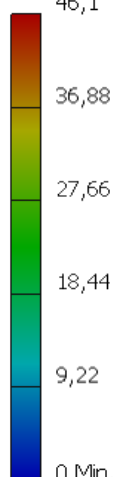


Obr. 42 Grafické znázornění posunů rámu nástavby

Nejdříve byly zkoumány posuny navržené konstrukce po aplikaci zatížení. Na obrázcích výše jsou uvedeny animace jednotlivých posunů prvků na konstrukci. Jak je vidět největší posun vzniká na překližce v místě uložení kol čtyřkolky, a to 1,71 mm. Na samotném rámu nástavby vzniká největší posun v místě zadního příčnicku, a to 1,404 mm.

V dalším kroku bylo zjišťováno napětí na daném rámu. Průběh napětí byl zjišťován dle metody von Mises. Nejvyšší hodnota tohoto napětí byla stanovena v místě těsně za uložením nápravy, a to 46,1 MPa. Tato hodnota je zcela vyhovující vzhledem k mezi kluzu materiálu S235JR snížené koeficientem bezpečnosti $s_k = 2,6$.

Typ: Napětí Von Mises
 Jednotka: MPa
 14. 5. 2016, 19:02:07
 46,1



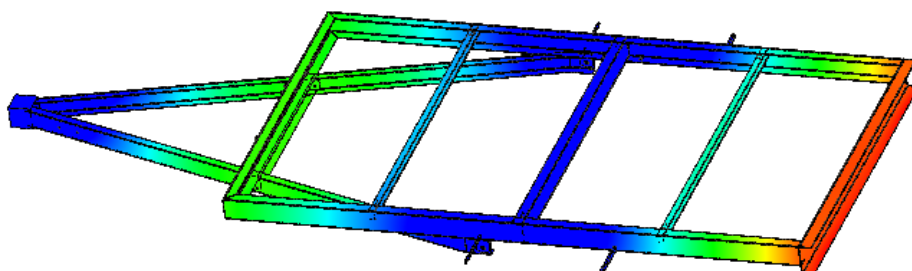
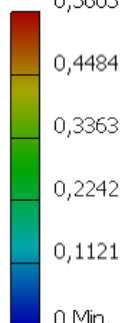
Obr. 43 Grafické znázornění rozložení napětí v konstrukci

5.2 Pevnostní analýza přívěsu

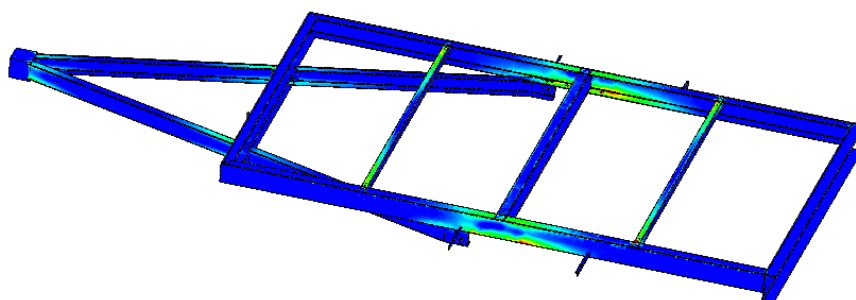
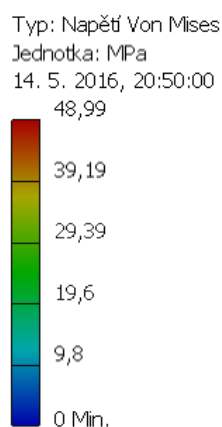
Další zkoumanou variantou je celá sestava přívěsu, tedy rám nástavby včetně oje. 3D model v programu Inventor byl vytvořen obdobně jako model rámu nástavby. Pro simulaci spojovacího zatížení byl vytvořen krychlový prvek, kterému byly dodány okrajové podmínky namísto spojovacího zařízení.

Nejdříve byl přívěs zatížen tíhou čtyřkolky a vlastní tíhou stejně jako v předešlém případě rám nástavby. Simulace je tedy provedena pro situaci, kdy je přívěs zapojen na tažné vozidlo a je v klidu (stojí).

Typ: Posunutí
 Jednotka: mm
 14. 5. 2016, 20:43:34
 0,5605 Max.



Obr. 44 Grafické znázornění posunů na konstrukci přívěsu

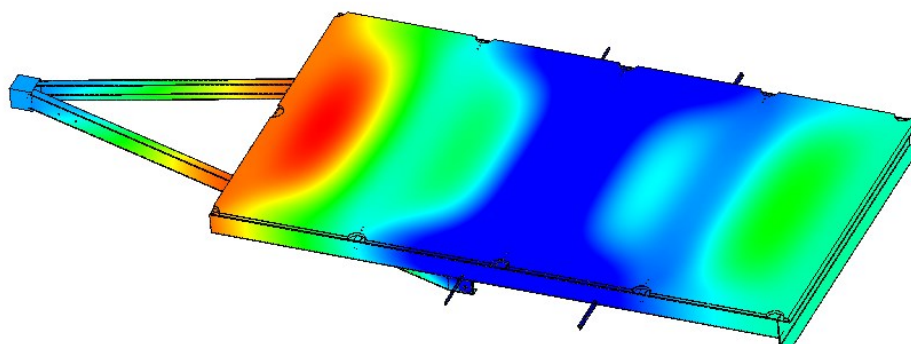
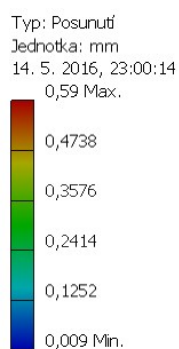


Obr. 45 Grafické znázornění průběhů napětí na konstrukci přívěsu

Maximální posun v místě zadního příčnicku je stanoven na 0,5605 mm.

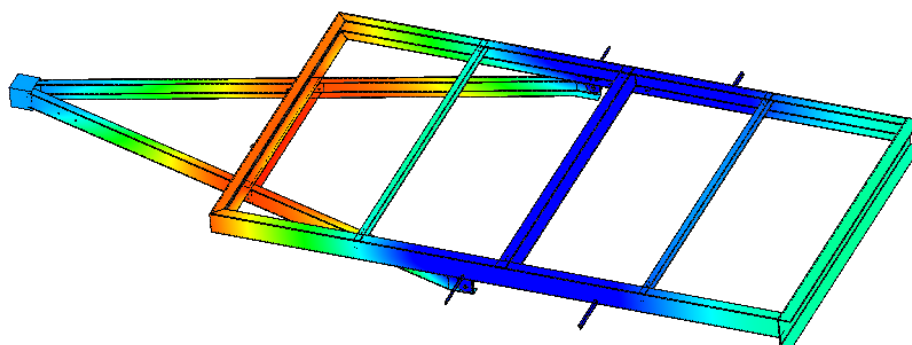
Maximální hodnota napětí dle metody von Mises stanovena v místě za uložením nápravy na 48,99 MPa. Tato hodnota je zcela vyhovující mezi kluzu zvoleného materiálu.

Jako další simulace byla provedena situace, kdy přívěs jede určitou rychlostí a začne brzdit se zpomalením 9 m/s^2 [6]. Síla určená z tohoto zpomalení byla umístěna do spojovacího zařízení, tak aby působila proti směru jízdy vozidla.



Obr. 46 Grafické znázornění posunů na konstrukci přívěsu při brzdění

Typ: Posunutí
 Jednotka: mm
 14. 5. 2016, 23:01:54
 0,5855 Max.
 0,4702
 0,3549
 0,2396
 0,1243
 0,009 Min.

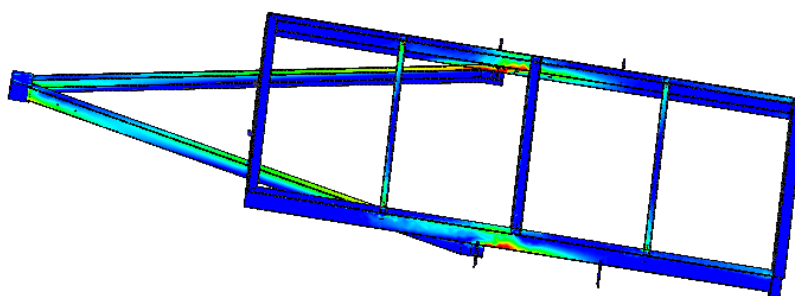


Y

Obr. 47 Grafické znázornění posunů na konstrukci přívěsu při brzdění

Jak je patrné, největší posun v tomto případě vzniká na předním příčníku, kde vlivem tlaku na oj dochází k jejímu ohýbání. Toto posunutí je 0,5855 mm.

Typ: Napětí Von Mises
 Jednotka: MPa
 14. 5. 2016, 22:44:45
 61,5
 49,2
 36,9
 24,6
 12,3
 0 Min.



Obr. 48 Grafické znázornění průběhů napětí na konstrukci přívěsu při brzdění

Největší hodnota napětí se na rozdíl od předchozích případů přesunula do části čepového spoje. Tato hodnota je 61,5 MPa, tudíž taktéž splňuje mez kluzu použitého materiálu.

6 Zhodnocení navržené konstrukce

6.1 Cenová kalkulace

V současnosti je na trhu velké množství typů přívěsů. Pořizovací cena přívěsu bývá pro zákazníka často rozhodujícím kritériem. V tabulce jsou shrnuty náklady na pořízení potřebného materiálu ve výši cca 19 000 Kč.

Název položky	Profil	Počet	Cena/ks	Celková cena s DPH
Podélníky + příčník	U 100/50/4	9 m	205,20	1846,80
Zadní příčník	U 140/60/4	2 m	309,70	619,40
V oj	U 80/40/3	6 m	167,20	1003,20
Příčná výztuha	U 40/30/3	3 m	108,20	324,60
Bočnice + zadní výklopné čelo	Jákl 20/20/2	14 m	21,10	295,40
Čep nástavby	Ocel kruhová tažená	1 m	193,41	193,41
Uchycení oje	Ocel pásová	0,5 m	73,42	36,71
Náprava AL-KO Compact UBR 700-5	-	1 ks	4581,74	4581,74
Spojovací zařízení Winterhoff 8-Y	-	1 ks	369,98	369,98
Přezka litinová Winterhoff EXZV 10-2	-	2 ks	335,98	671,96
Blatník plastový VAPP 190 mm	-	2 ks	334,98	669,96
Sada pneumatika + disk 165/70 R13 74M Rosava TRL-501	-	2 ks	1635,91	3271,82
Elektroinstalace 4,55 m 7-pólová zástrčka	-	1 ks	406,97	406,97
Svítilna sdružená Fristom MD-036 L Bajonet – levá/pravá	-	2 ks	354,98	709,96
Třmen s okem (500 kg)	-	6 ks	45,00	270,00
Překlička protiskluzová 3000x1500x15 mm	-	1 ks	2696,88	2696,88
Pant zadního čela Winterhoff BSCH 30-1	-	2 ks	85,99	171,98
Drobný materiál (šrouby, podložky, matice, závlačky)	-	-	800,00	800,00
Celková cena materiálu				18 940,77 Kč

Tab. 5 Cenová kalkulace materiálu

Dále je nutné provést antikorozi úpravu tzv. zinkování, které tvoří moderní trend v oblasti povrchových úprav konstrukcí. K výhodám patří především dlouhá životnost, mechanická odolnost a jak je zmíněno výše, především zabraňuje korozi. Hmotnost konstrukce, která je určena k zinkování činí 101 kg. Cena zinkování je 28,80 Kč/kg [10], tzn. finální cena 2908,80 Kč s DPH. Náklady na následující operace nejsou započítány, jedná se o řezání, ohýbání, svařování a montáž.

Celková cena za materiál a jeho povrchovou úpravu se tedy pohybuje okolo 22 000 Kč.

6.2 Účelovost přívěsu

Konstrukce přívěsu je navržena pro potřeby převozu čtyřkolek. Je navržen tak, aby na něm bylo možné převézt jeden z největších typů čtyřkolek, což umožňuje v podstatě jakoukoliv variabilitu převážených strojů.

Samozřejmostí je také možnost převozu jiných materiálů. V důsledku absence pevných bočnic je sice omezen převoz sypkých materiálů, ovšem díky ne příliš vysokému zábradlí,

které bočnice tvoří, je možno převážet i náklad větší než je velikost samotného plata přívěsného vozidla.

6.3 Technické parametry navržené konstrukce

V následující tabulce jsou shrnuty veškeré technické parametry navržené konstrukce přípojného vozidla.

Technické parametry	
Celkové rozměry	3981 x 1932 mm
Rozměry ložné plochy	2618 x 1405 mm
Výška ložné plochy	524 mm
Rozchod kol	1736 mm
Nájezdový úhel	17°
Celková hmotnost	750 kg
Provozní hmotnost	207 kg
Užitečná hmotnost	543 kg

Tab. 6 Technické parametry přívěsu

7 Závěr

Hlavním úkolem této diplomové práce bylo navrhnout konstrukci rámu a nástavby přípojného vozidla. Toto vozidlo mělo sloužit převážně pro převoz čtyřkolek. V úvodu se práce věnuje teoretickému rozboru problematiky přívěsů jako je legislativa a typy přívěsů. Dále byly stanoveny požadavky, které má navržená konstrukce splňovat (rozměry čtyřkolky, hmotnosti, výbava, bezpečnost, vykládání a nakládání apod.).

Byla navržena koncepce sklápěcího přívěsu s „V“ ojí. Tento navržený přívěs byl namodelován v programu Solidworks 2014, kde byl doplněn o všechny náležitosti, jako jsou blatníky, kola, přezky apod.

Závěrem byla provedena pevnostní analýza pomocí MKP softwaru Autodesk Inventor 2016, kde bylo zjištěno, že konstrukce odolá bez problémů stanoveným zatížením.

V programu Solidworks byla poté zhotovena základní výkresová dokumentace.

Přínosem pro mě díky této práci byla hlavně nová zkušenost s modelovacími programy a získané vědomosti při studování problematiky.

Seznam obrázků

Obr. 1 Přívěs s koly vedle ložné plochy.....	18
Obr. 2 Přívěs s koly pod ložnou plochou	18
Obr. 3 Sklopná plata a valníky	19
Obr. 4 Přívěs s manuální hydraulickou pumpou.....	19
Obr. 5 Přívěs s hydraulickým zvedákem	20
Obr. 6 Přívěsy sklopné do tří stran.....	20
Obr. 7 Skříňové přívěsy	21
Obr. 8 Přívěsy se spouštěcí ložnou plochou	21
Obr. 9 Přívěsy micromoto	22
Obr. 10 Přívěsy moto.....	22
Obr. 11 Přívěsy motomax	23
Obr. 12 Autopřepravník.....	23
Obr. 13 Journeyman Gladiator X8.....	24
Obr. 14 Ukázka I – profilu	27
Obr. 15 Ukázka U – profilu.....	27
Obr. 16 Ukázka L – profilu	28
Obr. 17 Ukázka uzavřeného tenkostěnného profilu	28
Obr. 18 Představení navržené konstrukce	29
Obr. 19 Konstrukce oje	30
Obr. 20 Detail připojení výztuhy pomocí příložky.....	31
Obr. 21 Konstrukce rámu nástavby.....	31

Obr. 22 Detail připojení oje na rám nástavby	32
Obr. 23 Zadní výklopné čelo	33
Obr. 24 Čep sklápění nástavby	34
Obr. 25 Náprava AL-CO Compact UBR 700-5	35
Obr. 26 Spojovací zařízení	35
Obr. 27 Kolo 165/70 R13 74M	36
Obr. 28 Blatník VAPP	37
Obr. 29 Opěrné kolečko Winterhoff	37
Obr. 30 Sklopení nástavby – krok č.1	38
Obr. 31 Odjištění zadního čela – krok č. 2	38
Obr. 32 Působení gravitační síly	39
Obr. 33 Působení sil při akceleraci	40
Obr. 34 Křivka dosahovaných příčných zrychlení v provozu	41
Obr. 35 Poloha těžiště nástavby	43
Obr. 36 Poloha těžiště přívěsu	43
Obr. 37 Schéma rozmístění sil	44
Obr. 38 Schématický řez čepem	46
Obr. 39 Schéma pro ohyb čepu	47
Obr. 40 Ukázka vytvořené sítě konečných prvků	48
Obr. 41 Grafické znázornění posunů rámu nástavby včetně desky	49
Obr. 42 Grafické znázornění posunů rámu nástavby	49
Obr. 43 Grafické znázornění rozložení napětí v konstrukci	50

Obr. 44 Grafické znázornění posunů na konstrukci přívěsu	50
Obr. 45 Grafické znázornění průběhů napětí na konstrukci přívěsu	51
Obr. 46 Grafické znázornění posunů na konstrukci přívěsu při brzdění.....	51
Obr. 47 Grafické znázornění posunů na konstrukci přívěsu při brzdění.....	52
Obr. 48 Grafické znázornění průběhů napětí na konstrukci přívěsu při brzdění	52

Seznam tabulek

Tab. 1 Shrnutí požadavků	26
Tab. 2 Přehled částí konstrukce.....	30
Tab. 3 Veličiny pro výpočet polohy nápravy	44
Tab. 4 Přehled veličin pro výpočet čepu.....	46
Tab. 5 Cenová kalkulace materiálu	53
Tab. 6 Technické parametry přívěsu	54

Seznam příloh

- A. Výkres 001 – Přívěs - sestava M 1:15
- B. Výkres 002 – Rám - sestava M 1:10
- C. Výkres 003 – Spojovací čep M 1,5:1

Literatura

- [1] Matějka, R. *Vozidla silniční dopravy I.* Bratislava 1990. 213 s. ISBN 80-05-00392-7.
- [2] Matějka, R. *Vozidla silniční dopravy II.* Bratislava 1990. 248 s. ISBN 80-7100-074-4.
- [3] Ptáček, P., Kaplánek, A. *Přeprava nákladu v silniční nákladní dopravě.* CERM 2003, 174 s. ISBN 978-80-7204-257-9.
- [4] Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu působenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.
- [5] Vyhláška Ministerstva dopravy č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.
- [6] *Úvod do soudního znalectví*
Dostupné z WWW:
<<http://opvk.cdvinfo.cz/file/soudni-znalectvi-ve-specializaci-silni-nich-nehod/>>
- [7] *VAPP*
Dostupné z WWW:
<www.vapp.cz>
- [8] *Agados Trailer*
Dostupné z WWW:
<www.agados.cz>
- [9] *Jiry spol. s.r.o.*
Dostupné z WWW:
<www.jiry.cz>
- [10] *Reno-Tech.cz, s.r.o. – zinkování*
Dostupné z WWW:
<www.reno-tech.cz>
- [11] *VEZEKO*
Dostupné z WWW:
<www.vezeko.cz>